

Japanese Kokai Patent Application No. Hei 10[1998]-105861

---

Job No.: 84-100620

Ref.: JP 10-105861A

Translated from Japanese by the Ralph McElroy Translation Company  
910 West Avenue, Austin, Texas 78701 USA

JAPANESE PATENT OFFICE  
PATENT JOURNAL (A)  
KOKAI PATENT APPLICATION NO. HEI 10[1998]-105861

Int. Cl. <sup>6</sup> :	G 08 C 19/00 G 01 N 27/02 27/72 G 01 R 27/02 H 04 B 5/00 G 01 V 3/00
Filing No.:	Hei 8[1996]-253602
Filing Date:	September 25, 1996
Publication Date:	April 24, 1998
No. of Claims:	26 (Total of 11 pages; OL)
Examination Request:	Not filed

SENSOR SIGNAL TRANSMISSION METHOD AND DEVICE

Inventors:	Kazuhiko Takahashi Nippon Telegraph and Telephone Corp. 3-19-2 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo
	Hiroshi Hosaka Nippon Telegraph and Telephone Corp. 3-19-2 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo
	Kunio Hoshiya Nippon Telegraph and Telephone Corp. 3-19-2 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo

Applicant:

000004226

Nippon Telegraph and Telephone  
Corp.  
3-19-2 Nishishinjuku, Shinjuku-ku,  
Tokyo

Agent:

Takahiko Suga, patent attorney

[There are no amendments to this patent.]

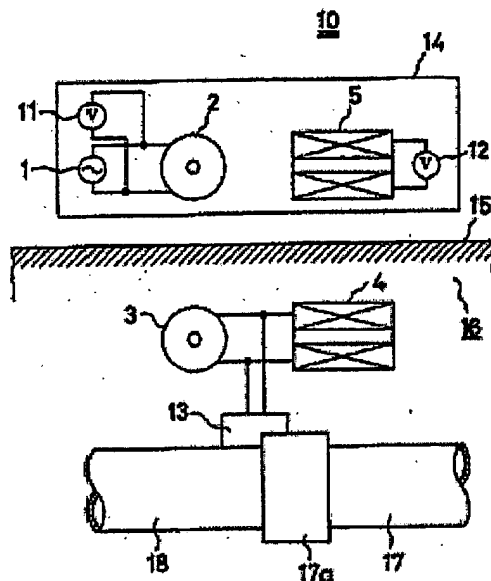
### Abstract

#### Purpose

To provide a sensor signal transmission method and device that allows easy remote measurement of the prescribed physical state in a prescribed isolated region without the need of setting a conduit or protective case for extracting cables and without the need of burying and setting batteries for driving the sensor.

#### Constitution

The device has the following parts: AC power supply (1) set outside the isolated region, first coil (2) for generating an alternating magnetic field from the electromotive force of said AC power supply (1), second coil (3) for generating an induced electromotive force from the alternating magnetic field generated with said first coil (2), third coil (4) for generating an alternating magnetic field again from the electric power generated on the output side of sensor (13) in conjunction with application of the induced electromotive force generated by said second coil (3), fourth coil (5) for generating an induced electromotive force again from the alternating magnetic field generated by said third coil (4), and a transmission characteristics measurement means that measures the electrical transmission characteristics from first coil (2) to fourth coil (5).



### Claims

1. A sensor signal transmission method characterized by the following facts:  
change in a prescribed physical state generated in an object to be tested located in a prescribed isolated region is detected with a prescribed sensor placed at the key site of the object to be tested, and the sensor signal obtained from said sensor is remotely transmitted out of the isolated region; in this case,

a prescribed AC power source is used to generate an alternating magnetic field outside said isolated region;

said alternating magnetic field generates an induced electromotive force inside said isolated region, and this is used as the electric power to drive said sensor;

the electric power produced on the output side of said sensor in conjunction with application of said driving electric power again generates an alternating magnetic field;

the alternating magnetic field again generates an induced electromotive force outside said isolated region, and a property of the induced electromotive force is used as the parameter for determining the presence/absence of change in the physical state of said object to be tested.

2. The sensor signal transmission method described in Claim 1 characterized by the fact that

said sensor is a prescribed impedance element.

3. The sensor signal transmission method described in Claim 2 characterized by the fact that

said impedance element is a resistance element whose DC resistance component varies corresponding to change in the physical state of said object to be tested,

and determination of the presence/absence of change in said object to be tested is performed on the basis of the ratio of the voltage of said AC power source to the induced electromotive force serving as said parameter.

4. The sensor signal transmission method described in Claim 3 characterized by the fact that

the pure resistance component of said resistance element varies corresponding to the strain of said object to be tested.

5. The sensor signal transmission method described in Claim 3 characterized by the fact that

the pure resistance component of said resistance element varies corresponding to change in the temperature of said object to be tested.

6. The sensor signal transmission method described in Claim 2 characterized by the following facts:

said impedance element is a capacitive element whose capacitance component varies corresponding to change in the physical state of said object to be tested; at the same time,

the frequency of said AC power source is adjustable;

and determination of the presence/absence of change in the physical state of said object to be tested is performed on the basis of the frequency of said AC power source when the voltage ratio of said AC power source to said induced electromotive force serving as the parameter becomes the maximum.

7. The sensor signal transmission method described in Claim 6 characterized by the fact that

the pure resistance component of said capacitive element varies corresponding to the strain of said object to be tested.

8. The sensor signal transmission method described in Claim 6 characterized by the fact that

the pure resistance component of said capacitive element varies corresponding to the change in the temperature of said object to be tested.

9. A type of sensor signal transmission device characterized by the following facts:

when change in a prescribed physical state generated in an object to be tested located in a prescribed isolated region is detected with a prescribed sensor placed at the key site of the object to be tested, the sensor signal transmission device is used to make a remote transmission of the sensor signal obtained from said sensor out of the isolated region;

the sensor signal transmission device has the following parts:

a prescribed AC power source placed outside the isolated region,

a first coil that is electrically connected to said AC power source and generates an alternating magnetic field from the electromotive force of said AC power source,

a second coil, which is set within said isolated region such that its magnetic coupling with said first coil is maximal, and which generates an induced electromotive force from the alternating magnetic field generated by said first coil,

a third coil, which is electrically connected to said second coil through said sensor, and which at the same time is positioned such that its magnetic coupling with said second coil is minimal, and which again generates an alternating magnetic field from the electric power produced on the output side of the sensor in conjunction with application of the induced electromotive force generated by said second coil,

a fourth coil, which is arranged outside said isolated region such that the magnetic coupling with said third coil is maximal while the magnetic coupling with said first coil is minimal, and which again generates an induced electromotive force from the alternating magnetic field generated by said third coil,

and a transmission characteristics measurement means that measures the electrical characteristics of transmission from the first coil to said fourth coil.

10. The sensor signal transmission device described in Claim 9 characterized by the fact that said first coil, fourth coil, and transmission characteristics measurement means are accommodated in a single case.

11. The sensor signal transmission device described in Claim 9 or 10 characterized by the fact that

said transmission characteristics measurement means is composed of

a first AC voltmeter connected to the terminal leads of said first coil,

a second AC voltmeter connected to the terminal leads of said fourth coil.

12. The sensor signal transmission device described in Claim 9, 10, or 11 characterized by the fact that

said first through fourth coils jointly form a solenoid shape.

13. The sensor signal transmission device described in Claim 12 characterized by the following facts:

said first coil and said fourth coil are oriented such that their central axes are orthogonal to each other in the same plane,

and said second coil and said third coil are oriented in the same relative configuration as that of said first coil and said fourth coil.

14. The sensor signal transmission device described in Claim 13 characterized by the fact that

said first coil is arranged symmetrically with respect to the central axis of said fourth coil.

15. The sensor signal transmission device described in Claim 13 characterized by the fact that

said fourth coil is set symmetric with respect to the central axis of said first coil.

16. The sensor signal transmission device described in Claim 9, 10, 11, 12, 13, 14, or 15 characterized by the fact that

said sensor comprises a prescribed impedance element.

17. The sensor signal transmission device described in Claim 16 characterized by the fact that

said impedance element comprises a resistance element whose DC resistance varies corresponding to the change in the physical state of said object to be tested.

18. The sensor signal transmission device described in Claim 17 characterized by the fact that

said resistance element is connected in series between said second coil and said third coil.

19. The sensor signal transmission device described in Claim 17 characterized by the fact that

said resistance element is connected in parallel between said second coil and third coil.

20. The sensor signal transmission device described in Claim 17, 18, or 19 characterized by the fact that

said resistance element comprises an element whose pure resistance component varies corresponding to the strain of said object to be tested.

21. The sensor signal transmission device described in Claim 17, 18, or 19 characterized by the fact that

said resistance element comprises an element whose pure resistance component varies corresponding to the change in temperature of said object to be tested.

22. The sensor signal transmission device described in Claim 16 characterized by the fact that

said impedance element comprises a capacitive element whose capacitance component varies corresponding to the change in the physical state of said object to be tested.

23. The sensor signal transmission device described in Claim 22 characterized by the fact that

said capacitive element is connected in series between said second coil and said third coil.

24. The sensor signal transmission device described in Claim 22 characterized by the fact that

said capacitive element is connected in parallel between said second coil and said third coil.

25. The sensor signal transmission device described in Claim 22, 23, or 24 characterized by the fact that

said capacitive element comprises an element whose pure resistance component varies corresponding to the strain of said object to be tested.

26. The sensor signal transmission device described in Claim 22, 23, or 24 characterized by the fact that

said capacitive element comprises an element whose pure resistance component varies corresponding to change in the temperature of said object to be tested.

#### Detailed explanation of the invention

[0001]

##### Technical field of the invention

The present invention pertains to a sensor signal transmission method and device. More specifically, the present invention pertains to a sensor signal transmission method for remote measurement of the strain or temperature (hereinafter to be referred to as "physical state") in an object buried in the ground or in a structure or an underground foundation (hereinafter to be referred to as an "isolated region"), as well as the sensor signal transmission device used for embodiment of said sensor signal transmission method.

[0002]

##### Prior art

Usually, electrical wiring, communication wiring, and other wiring, as well as gas pipelines, water pipelines, air conditioner pipes, and other pipelines (hereinafter to be referred to as "pipelines, etc.") are buried underground or inside walls, floors, ceilings, etc., of structures. Consequently, in the event of deformation of the foundation and structures due to earthquakes or foundation sinking, etc., distortion and vibration take place in the buried pipelines, etc., so that they may break. In particular, for said electrical wiring, communication wiring, and other buried energized cables, the electrical resistance increases locally due to external stress from earthquakes, penetration of water, etc. As a result, current concentrations occur, leading to heating or even fires.

[0003]

In addition to said pipelines, etc., there is also a danger of collapse of tunnel wall surfaces and other reinforced slopes, cliffs, breakwaters, seawalls, and other civil engineering constructions, due to earthquake vibrations or stress concentrations due to variation in the soil pressure.



[0004]

Consequently, there has been demand for development of a method measuring strain or temperature in these buried underground objects or in structures as well as in underground foundations. In the prior art, the following schemes are usually adopted: (1) a sensor is fixed on the object to be tested, and the desired sensor signal from the output terminal of the sensor is led out by means of a cable to above ground; (2) the desired sensor signal is transmitted by wireless means.

[0005]

Problems to be solved by the present invention

In said scheme (1) using a cable, however, it is necessary to install a conduit for guiding the cable above ground. Also, at the road where the cable is led out, it is necessary to install a small sturdy protective case so that no damage is caused by passing vehicles and said cable does not cause a traffic hazard. This is undesirable.

[0006]

On the other hand, although there are no such problems with said scheme (2), it is necessary to provide and bury the batteries needed to drive the sensor. Because the batteries have a limited lifetime, long-term use is impossible. This is undesirable.

[0007]

The main purposes of the present invention are as follows. The first purpose is to provide a sensor signal transmission method and device that enables easy remote measurement of the prescribed physical state in the prescribed isolated region without the need to install a conduit or protective case for leading out the cable.

[0008]

The second purpose of the present invention is to provide a sensor signal transmission method and device that enables easy remote measurement of the prescribed physical state in the prescribed isolated region without the need to provide and bury batteries for driving the sensor.

[0009]

The other purposes of the present invention are self-evident from the description in the specification and figures, and especially in the various claims.

[0010]

Means to solve the problems

According to the present invention, in order to solve the aforementioned problems the scheme has the following characteristic features: in the isolated region, in addition to the necessary sensor, two coils are provided and electrically connected to said sensor; one of these coils generates an induced electromotive force due to the magnetic field provided from yet another coil provided on the outside (outside the isolated region), and this induced electromotive force serves as the power source for driving said sensor; on the other coil, an alternating magnetic field is generated by the electric power produced on the output side of said sensor in conjunction with application of said induced electromotive force, and said alternating magnetic field is received by said other coil arranged outside the isolated region.

[0011]

More specifically, in order to solve said problems, the present invention adopts the novel constitutional methods and means listed in the following to realize these objectives.

[0012]

That is, as characteristic feature 1 of the method of the present invention, the present invention provides a sensor signal transmission method characterized by the following facts: change in a prescribed physical state generated in an object to be tested located in a prescribed isolated region is detected with a prescribed sensor placed at the key site of the object to be tested, and the sensor signal obtained from said sensor is remotely transmitted out of the isolated region; in this case, a prescribed AC power source is used to generate an alternating magnetic field outside said isolated region; said alternating magnetic field generates an induced electromotive force inside said isolated region, and this is used as the electric power to drive said sensor; the electric power produced on the output side of said sensor in conjunction with application of said driving electric power generates again an alternating magnetic field; the alternating magnetic field again generates an induced electromotive force outside said isolated region, and a property of the induced electromotive force is used as the parameter for determining the presence/absence of change in the physical state of said object to be tested.

[0013]

As characteristic feature 2 of the method of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission method described in said characteristic feature 1, characterized by the fact that said sensor is a prescribed impedance element.

[0014]

As characteristic feature 3 of the method of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission method described in characteristic feature 2, characterized by the fact that said impedance element is a resistance element whose DC resistance component varies corresponding to change in the physical state of said object to be tested, and determination of the presence/absence of change in said object to be tested is performed on the basis of the ratio of the voltage of said AC power source to the induced electromotive force serving as said parameter.

[0015]

As characteristic feature 4 of the method of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission method described in characteristic feature 3, characterized by the fact that the pure resistance component of said resistance element varies corresponding to the strain of said object to be tested.

[0016]

As characteristic feature 5 of the method of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission method described in characteristic feature 3, characterized by the fact that the pure resistance component of said resistance element varies corresponding to change in the temperature of said object to be tested.

[0017]

As characteristic feature 6 of the method of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission method described in characteristic feature 2, characterized by the following facts: said impedance element is a capacitive element whose capacitance component varies corresponding to change in the physical state of said object to be tested; at the same time, the frequency of said AC power source is adjustable; and determination of the presence/absence of change in the physical state of said object to be tested is performed on the basis of the frequency of said AC power source when the voltage ratio of said AC power source to said induced electromotive force serving as the parameter becomes the maximum.

[0018]

As characteristic feature 7 of the method of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission method described in characteristic feature 6, characterized by the fact that the pure resistance component of said capacitive element varies corresponding to the strain of said object to be tested.

[0019]

As characteristic feature 8 of the method of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission method described in characteristic feature 6, characterized by the fact that the pure resistance component of said capacitive element varies corresponding to the change in the temperature of said object to be tested.

[0020]

On the other hand, as characteristic feature 1 of the device of the present invention, the present invention provides a type of sensor signal transmission device characterized by the following facts: when change in a prescribed physical state generated in an object to be tested located in a prescribed isolated region is detected with a prescribed sensor placed at the key site of the object to be tested, the sensor signal transmission device is used to make a remote transmission of the sensor signal obtained from said sensor out of the isolated region; the sensor signal transmission device has the following parts: a prescribed AC power source placed outside the isolated region, a first coil that is electrically connected to said AC power source and generates an alternating magnetic field from the electromotive force of said AC power source, a second coil, which is set within said isolated region such that its magnetic coupling with said first coil is maximal, and which generates an induced electromotive force from the alternating magnetic field generated by said first coil, a third coil, which is electrically connected to said second coil through said sensor, and which at the same time is positioned such that its magnetic coupling with said second coil is minimal, and which again generates an alternating magnetic field from the electric power produced on the output side of the sensor in conjunction with application of the induced electromotive force generated by said second coil, a fourth coil, which is arranged outside said isolated region such that the magnetic coupling with said third coil is maximal while the magnetic coupling with said first coil is minimal, and which again generates an induced electromotive force from the alternating magnetic field generated by said third coil, and a transmission characteristics measurement means that measures the electrical characteristics of transmission from the first coil to said fourth coil.

[0021]

As characteristic feature 2 of the device of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission device described in characteristic feature 1 of the device, characterized by the fact that said first coil, fourth coil, and transmission characteristics measurement means are accommodated in a single case.

[0022]

As characteristic feature 3 of the device of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission device described in characteristic feature 1 or 2 of the device, characterized by the fact that said transmission characteristics measurement means is composed of a first AC voltmeter connected to the terminal leads of said first coil and a second AC voltmeter connected to the terminal leads of said fourth coil.

[0023]

As characteristic feature 4 of the device of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission device described in characteristic feature 1, 2, or 3 of the device, characterized by the fact that said first through fourth coils jointly form a solenoid shape.

[0024]

As characteristic feature 5 of the device of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission device described in characteristic feature 4 of the device, characterized by the following facts: said first coil and said fourth coil are oriented such that their central axes are orthogonal to each other in the same plane, and said second coil and said third coil are oriented in the same relative configuration as that of said first coil and said fourth coil.

[0025]

As characteristic feature 6 of the device of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission device described in characteristic feature 5 of the device, characterized by the fact that said first coil is arranged symmetrically with respect to the central axis of said fourth coil.

[0026]

As characteristic feature 7 of the device of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission device described in characteristic feature 5 of the device, characterized by the fact that said fourth coil is arranged symmetrically with respect to the central axis of said first coil.

[0027]

As characteristic feature 8 of the device of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission device described in characteristic feature 1, 2, 3, 4, 5, 6,

or 7 of the device characterized by the fact that said sensor comprises a prescribed impedance element.

[0028]

As characteristic feature 9 of the device of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission device described in characteristic feature 8, characterized by the fact that said impedance element comprises a resistance element whose DC resistance varies corresponding to the change in the physical state of said object to be tested.

[0029]

As characteristic feature 10 of the device of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission device described in characteristic feature 9 of the device, characterized by the fact that said resistance element is connected in series between said second coil and said third coil.

[0030]

As characteristic feature 11 of the device of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission device described in characteristic feature 9, characterized by the fact that said resistance element is connected in parallel between said second coil and third coil.

[0031]

As characteristic feature 12 of the device of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission device described in characteristic feature 9, 10, or 11 of the device, characterized by the fact that said resistance element comprises an element whose pure resistance component varies corresponding to the strain of said object to be tested.

[0032]

As characteristic feature 13 of the device of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission device described in characteristic feature 9, 10, or 11, characterized by the fact that said resistance element comprises an element whose pure resistance component varies corresponding to the change in temperature of said object to be tested.

[0033]

As characteristic feature 14 of the device of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission device described in characteristic feature 8 of the

device, characterized by the fact that said impedance element comprises a capacitive element whose capacitance component varies corresponding to the change in the physical state of said object to be tested.

[0034]

As characteristic feature 15 of the device of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission device described in characteristic feature 14 of the device, characterized by the fact that said capacitive element is connected in series between said second coil and said third coil.

[0035]

As characteristic feature 16 of the device of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission device described in characteristic feature 14 of the device, characterized by the fact that said capacitive element is connected in parallel between said second coil and said third coil.

[0036]

As characteristic feature 17 of the device of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission device described in characteristic feature 14, 15, or 16, characterized by the fact that said capacitive element comprises an element whose pure resistance component varies corresponding to the strain of said object to be tested.

[0037]

As characteristic feature 18 of the device of the present invention, the present invention pertains to the sensor signal transmission device described in characteristic feature 14, 15, or 16, characterized by the fact that said capacitive element comprises an element whose pure resistance component varies corresponding to change in the temperature of said object to be tested.

[0038]

Embodiments of the invention

In the following, embodiments of the present invention will be explained with reference to the appended figures.

### Embodiment 1

Figures 1(a)-(c) are diagrams illustrating the principle of the invention pertaining to Embodiment 1. Figure 2 is a diagram illustrating the equivalent circuit of the invention shown in Figure 1. Figures 3(a) and (b) are diagrams illustrating the configuration of the first coil and fourth coil used in the invention shown in Figure 1.

[0039]

First of all, as shown in Figure 1, the constitution according to the invention pertaining to this first embodiment has the following parts: AC power supply (1) arranged outside the isolated region, first coil (2) that is electrically connected to said AC power supply (1) and generates an alternating magnetic field from the electromotive force of said AC power supply (1), solenoid shaped second coil (3) which is arranged within said isolated region such that its magnetic coupling with said first coil (2) is maximal, and which generates an induced electromotive force from the alternating magnetic field generated by said first coil (2), solenoid shaped third coil (4), which is electrically connected to said second coil (3) through resistor R, and at the same time is arranged such that its magnetic coupling with said second coil (3) is minimal, and which generates an alternating magnetic field again from the electric power generated on the output side of resistor R in conjunction with application of the induced electromotive force generated by said second coil (3), solenoid shaped fourth coil (5), which is arranged outside said isolated region such that the magnetic coupling with said third coil (4) is maximal while the magnetic coupling with said first coil (2) is minimal, and which again generates an induced electromotive force from the alternating magnetic field generated by said third coil (4), and AC voltmeter (6) (second AC voltmeter, as a portion of the "transmission characteristics measurement means"), which works as a means for measuring the characteristics of electrical transmission from first coil (2) to said fourth coil (5), and which is connected to the output (lead-out terminal) of fourth coil (5).

[0040]

Resistor R shown in the figure is an equivalent representation of the electrical function of the sensor, because the sensor for detecting change in the physical state in the prescribed isolated region usually comprises an impedance element. Said resistor R may be connected in parallel between second coil (3) and third coil (4).

[0041]

As shown in the figure, first coil (2) and fourth coil (5) are arranged such that their central axes are orthogonal to each other in the same plane. Also as shown in the figure, second



coil (3) and third coil (4) are arranged with their central axes orthogonal to each other in the same plane.

[0042]

Consequently, when an AC voltage (electromotive force) is applied from AC power supply (1) to first coil (2), magnetic field  $\alpha$  generated in this case is orthogonal to both the central axis of third coil (4) and the central axis of fourth coil (5). As a result, no induced electromotive force is generated in them, and the induced electromotive force is only generated in second coil (3) arranged with maximal magnetic coupling (parallel orientation).

[0043]

That is, due to said induced electromotive force, a current flows through resistor R to third coil (4), and a new alternating magnetic field is generated in this coil. Then, based on the same principle described above, magnetic field  $\beta$  generated in this case is orthogonal to both the central axis of first coil (2) and the central axis of second coil (3). Consequently, no induced electromotive force is generated in them, and the induced electromotive force is generated only in fourth coil (3) [sic; (5)] arranged with maximal magnetic coupling (parallel orientation).

[0044]

That is, with regard to the magnetic coupling among the various coils, it is generated only between first coil (2) and second coil (3) and between third coil (4) and fourth coil (5), so that these respective pairs of coils can be considered transformers. As a result, the constitution shown in Figure 1 can be represented by the equivalent circuit shown in Figure 2.

[0045]

With reference to this equivalent circuit, when the AC voltage from AC power supply (1) is applied to terminals (2a), (2b) of first coil (2), an AC voltage, detected by AC voltmeter (6), is induced across terminals (5a), (5b) of fourth coil (5) via second coil (3), resistor R and third coil (4). In this case, the electrical transmission characteristics from first coil (2) to fourth coil (5) naturally depend on the characteristics of the various elements that form the constitution shown in Figure 2. Consequently, when the value of resistor R varies due to changes in the temperature, distortion, etc., this variation itself is a change in the transmission characteristics, and it is possible by measuring said change in the transmission characteristics to detect the change in the temperature, distortion, etc.

[0046]

In the constitution shown in Figure 1, when first coil (2) and fourth coil (5) are arranged very near each other, a portion of the generating field of first coil (2) directly generates an induced electromotive force in fourth coil (5) without passing through resistor R [sic], so that the sensitivity of detection of changes in the value of resistor R decreases.

[0047]

The reason for this is as follows. In this type of remote transmission (remote measurement), although fourth coil (5) is usually arranged distant from second coil (3) and third coil (4), it is placed near first coil (2). Consequently, fourth coil (5) is more likely to be influenced directly by magnetic field  $\alpha$  of first coil (2) than by magnetic field  $\beta$  generated by second coil (3) and third coil (4).

[0048]

Consequently, as shown in Figure 3(a), it is necessary to arrange fourth coil (5) symmetrically with respect to the central axis of first coil (2) (plane of symmetry S1) so that no electromotive force is directly induced in fourth coil (5) due to magnetic field  $\alpha 1$  generated by first coil (2), or, as shown in Figure 3(b), it is necessary to arrange first coil (2) symmetrically with respect to the central axis of fourth coil (5) (plane of symmetry S2) so that no electromotive force is directly induced in fourth coil (5) due to magnetic field  $\alpha 2$  generated by first coil (2).

[0049]

In the following, the effect of this constitution will be explained. First, in the scheme shown in Figure 3(a), magnetic field  $\alpha 1$  generated by the third coil has a leftward axial component in the left half of the figure, and a right/leftward [sic; rightward] axial component in the right half of the figure with respect to the fourth coil (5), so that opposing induced electromotive forces are generated in the left half and right half of fourth coil (5), and they cancel each other. As a result, the overall induced electromotive force is zero. On the other hand, in the scheme shown in Figure 3(b), magnetic field  $\alpha 2$  generated by the third coil always crosses the axial component of fourth coil (5) at right angles, so that no induced electromotive force is generated in fourth coil (5).

[0050]

#### Embodiment 2

Figure 4 is a diagram illustrating the equivalent circuit of the invention pertaining to Embodiment 2 of the present invention. Figure 5 is an auxiliary diagram illustrating the function

of the invention shown in Figure 4. The principle constitution of this sensor signal transmission device is the same as that in Embodiment 1 explained above, so that it will not be illustrated with figures again. In addition, in Embodiment 2, the same part numbers are adopted to represent the same or equivalent parts as those in Embodiment 1.

[0051]

First of all, as shown in Figure 4, in the invention of Embodiment 2, the resistor R in Embodiment 1 is replaced by capacitor C. This capacitor C is connected in parallel between second coil (3) and third coil (4). In this circuit, there is a resonant frequency determined by the inductance of the coil in the circuit and the capacitance of capacitor C. It is well known that said resonant frequency is inversely proportional to the square root of the capacitance of capacitor C. Consequently, it is possible by detecting said resonant frequency to know the capacitance of said capacitor C, and it is possible to detect changes in temperature, distortion, or the like, as required.

[0052]

Compared with the invention in Embodiment 1, the invention of Embodiment 2 has the following advantages. First, according to the invention of said Embodiment 1, the magnetic fields generated by first coil (2) and third coil (4) reach second coil (3) and fourth coil (5), respectively. However, in this case, the alternating magnetic field is attenuated by the foundation and [structural] members present between the coils, and the amount of this attenuation naturally varies as a function of the condition of said foundation, etc. Consequently, even if the voltage generated in fourth coil (5) is measured, its magnitude includes not only the magnitude of resistor R, but also the influence of the foundation, etc.

[0053]

On the other hand, in the invention of Embodiment 2, when there is variation in the amount of magnetic attenuation due to the influence of the foundation, etc., although the voltage generated on fourth coil (5) varies, this merely leads to overall fluctuation of the voltage level, while there is no change in the resonant frequency. Consequently, in the invention of Embodiment 2, it is possible to further reduce the influence of variations in the characteristics of the foundation, etc., as compared with the invention of Embodiment 1.

[0054]

According to the invention in Embodiment 2, capacitor C is connected in parallel between second coil (3) and third coil (4). Consequently, when compared with the case when

capacitor C is connected in series at this site, as shown in Figure 5, it is possible to increase the magnetic field generated by third coil (4).

[0055]

As shown in Figure 4, the impedance between A and B becomes maximum at the resonant frequency of the parallel resonant circuit comprising third coil (4) and capacitor C, and, when the voltage at this resonant frequency is produced in said second coil (3), little current flows in the second coil, and no voltage drop occurs due to the internal resistance of the coil itself. As a result, the voltage applied between A and B is similar to that produced in second coil (3).

[0056]

On the other hand, as shown in Figure 5, the impedance between A and B is at a minimum at the resonant frequency, and in conjunction with this, a large current flows in second coil (3) so that a voltage drop occurs due to the internal resistance. As a result, the voltage applied between A and B becomes much lower than that produced in second coil (3). In other words, by connecting capacitor C in parallel between second coil (3) and third coil (4), it is possible to increase the voltage applied to first coil (2).

[0057]

#### Application examples

In the following, the present invention will be explained in more detail with reference to application examples illustrated with figures.

#### Example of device in Application Example 1

Figure 6 is a diagram illustrating the constitution of the sensor signal transmission device in Application Example 1 of the present invention corresponding to Embodiment 1. Figure 7 is a cross section illustrating the main portion of the sensor signal transmission device shown in Figure 6. Also, in the example device of Application Example 1, a device for non-contact measurement from above ground of the distortion in the connecting portion of a pipeline made of iron and buried in an underground foundation will be explained.

[0058]

First of all, as shown in Figure 6, said sensor signal transmission device (10) has the following parts as equivalent elements corresponding to the elements explained for Embodiment 1: AC power supply (1), first coil (1), second coil (3), third coil (4), fourth coil (5), and AC

voltmeter (6). Also, it has AC voltmeter (11) connected to the terminals led out from first coil (2) (connection points to AC power supply (1)) (in the following explanation, in order to distinguish said two AC voltmeters (6) and (11), the AC voltmeter connected to the input side will be considered first AC voltmeter (11), and that connected to the output side will be considered second AC voltmeter (12) (in the following, part number "6" is not used)). Sensor (13) containing an impedance element is connected in parallel between second coil (3) and third coil (4).

[0059]

Here, first AC voltmeter (11) and second AC voltmeter (12) form the transmission characteristics measurement means. This means that in addition to AC power supply (1), first coil (2) and fourth coil (5) are accommodated in single case (14), and this case can be carried about freely. When in use, said case (14) is placed on ground (15).

[0060]

On the other hand, second coil (3) and third coil (4) are buried and arranged together with sensor (13) in underground foundation (16). Sensor (13) is fixed astride the joint (17a) between first pipeline (17) positioned on the right side of the figure and second pipeline (18) positioned on the left.

[0061]

In the following, sensor (11) will be explained in detail. As shown in Figure 7, strain gauge (13a) is used as the prescribed impedance element, wherein the forward [sic; pure] resistance component varies according to the strain in the object being measured. One end of the strain gauge is directly attached to a portion of joint (17a) of first pipeline (17). The other end is attached to a portion of second pipeline (18) via mount (19). With this sensor signal transmission device (10), when first pipeline (17) and second pipeline (18) deviate in the longitudinal direction, strain gauge (13a) is stretched/compressed, so that its resistance value varies.

[0062]

Example of method of Application Example 1

In the following, the method of measuring distortion between first pipeline (17) and second pipeline (18) by means of sensor signal transmission device (10) using this constitution will be explained.

[0063]

First of all, immediately after installation and burial of sensor (13), etc., case (14) that forms the device outside the isolated region of sensor signal transmission device (10) of the present invention is set on ground (15) located above sensor (13) in underground foundation (16) in the isolated region. While there is no distortion between first pipeline (17) and second pipeline (18), an AC voltage at a prescribed frequency is applied to first coil (2). In this case, the ratio of the input voltage to the output voltage is computed from the reading of first AC voltmeter (11) and that of second AC voltmeter (12).

[0064]

After an earthquake, when it is believed that distortion between first pipeline (17) and second pipeline (18) has developed, an AC voltage at the same frequency as aforementioned is applied to first coil (2), and said ratio of the input voltage to the output voltage is measured. In this case, if the measured input/output voltage ratio is different from that measured initially, it is judged that a distortion has occurred between first pipeline (17) and second pipeline (18).

[0065]

That is, in this sensor signal transmission method, AC power supply (1) at a prescribed frequency is used to generate an alternating magnetic field outside the isolated region, and an induced electromotive force is generated in the isolated region by said alternating magnetic field. This is used as the electric power to drive strain gauge (13a). In conjunction with application of the driving electric power, an alternating magnetic field is generated again from the electric power produced on the output side of said strain gauge (13a).

[0066]

An induced electromotive force is generated again outside the isolated region by said alternating magnetic field. The characteristic feature of the induced electromotive force, that is, the output voltage itself, is used as the parameter for determination of the presence/absence of distortion between said first pipeline (17) and second pipeline (18). Judgment of the actual distortion is performed on the basis of the ratio of the input voltage from AC power supply (1) to the output voltage serving as said parameter.

[0067]

It is necessary to position first coil (2) in case (14) near the location directly above second coil (3) in underground foundation (16), and to position fourth coil (5) in case (14) near the location directly above third coil (4) in underground foundation (16), so that the magnetic

coupling between first coil (2) and second coil (3) and the magnetic coupling between third coil (4) and fourth coil (5) are maximal.

[0068]

In order to perform this operation with high reliability, after installation and burial of second coil (3) and third coil (4) in said underground foundation (16) are complete, marks indicating their positions and orientations are applied to ground (15) by means of spray paint or the like. When plural pairs of second coil (3) and third coil (4) are respectively arranged together with plural sensors (13) on the joints of plural pipelines, one may use only one case (14) as the device outside the isolated region of said sensor signal transmission device (10) for measuring the plural sites in a shared way.

[0069]

In addition to the aforementioned installation operation, one may also adopt the following scheme as a simplified method: case (14) in its entirety is slowly rotated horizontally, and the point at which the largest reading is obtained from second AC voltmeter (12) is determined. This enables placing first coil (2) and second coil (3), and third coil (4) and fourth coil (5), nearly parallel to each other, respectively, with maximal magnetic coupling.

[0070]

Device example of Application Example 2

Figure 8 is a cross section of the main portion of the sensor signal transmission device in Application Example 2 of the present invention corresponding to Embodiment 2. Since the overall constitution of the example device of Application Example 2 is identical to that of Application Example 1, the same features will not be explained. In the example device of Application Example 2, also, non-contact measurement of distortion in a joint in an iron pipeline buried in an underground foundation by means of a device on the ground will be explained.

[0071]

As shown in said figure, the impedance element in said sensor signal transmission device (20) is capacitive element (23c), which is composed of facing first electrode (23a) and second electrode (23b), and the capacitance of which varies according to the distortion of the object to be measured. First electrode (23a) is attached to a portion of joint (27a) of first pipeline (27) via first mount (29a).

[0072]

Second electrode (23b) is attached to a portion of second pipeline (28) via second mount (29b). That is, in this sensor signal transmission device (20), when first pipeline (27) and second pipeline (28) deviate from each other in the longitudinal direction, the area of the opposed faces of between first electrode (23a) and second electrode (23b) in capacitive element (23c) varies, and the capacitance changes.

[0073]

Method example of Application Example 2

In the following, the method of measuring the actual distortion between first pipeline (27) and second pipeline (28) by means of sensor signal transmission device (20) will be explained. Figure 9 is a diagram illustrating the frequency characteristics of the input/output voltage ratio for illustrating the sensor signal transmission method pertaining to Application Example 2.

[0074]

When an AC voltage is applied to first coil (2) of this sensor signal transmission device (20), the magnetic field generated reaches second coil (3) to generate an induced electromotive force. Then, just as in said Application Example 1, energy is sequentially transferred to third coil (4) and fourth coil (5).

[0075]

In the aforementioned process, the voltage applied to third coil (4) reaches a maximum at resonant frequency  $f$  determined by the inductance of third coil (4) and the capacitance of capacitive element (23c), and the voltage produced in first coil (2) also reaches a maximum. The frequency of AC power supply (1) is adjusted to various values, and the voltage ratio of first coil (2) to fourth coil (5), that is, the input/output voltage ratio, is measured and plotted at each value by means of an oscilloscope. The curve shown in Figure 9 is obtained, and it can be seen that the input/output voltage ratio reaches a maximum at resonant frequency  $f$ .

[0076]

On the basis of the aforementioned principle, in this method example said resonant frequency  $f$  is measured when no distortion is present between first coil (27) and second coil (28), just as in the method example of Application Example 1. Also, the relationship between the capacitance of capacitive element (23c) and the distortion between first pipeline (27) and second pipeline (28), that is, to the size of gap, is measured correctly beforehand.



[0077]

After an earthquake when it is believed that distortion between first pipeline (27) and second pipeline (28) has occurred, resonant frequency  $f$  is measured, and the ratio of resonant frequency  $f$  measured this time to resonant frequency  $f$  originally measured is determined. As explained above, because the frequency ratio is inversely proportional to the square root of the capacitance of capacitor  $C$  (see Figure 4), the amount of deviation between first pipeline (27) and second pipeline (28) can be determined from the capacitance of capacitive element (23c) after distortion.

[0078]

In this sensor signal transmission method, an alternating magnetic field is generated outside the isolated region using AC power supply (1) having an adjustable frequency, and an induced electromotive force is generated inside the isolated region by said alternating magnetic field. This induced electromotive force is used as the electric power to drive capacitive element (23c). In conjunction with application of the driving electric power, an alternating magnetic field is generated again by the electric power generated on the output side of said capacitive element (23c).

[0079]

This alternating magnetic field induces an electromotive force again outside the isolated region, and the characteristic feature of the induced electromotive force, that is, resonant frequency  $f$ , serves as the parameter for determination of the presence/absence of distortion between first pipeline (27) and second pipeline (28). Determination of the presence/absence of actual distortion is performed on the basis of resonant frequency  $f$  when the ratio of the voltage input from AC power supply (1) to the output voltage, serving as the parameter, becomes the maximum.

[0080]

In said Application Example 1, the input/output voltage ratio at a prescribed frequency is measured, and when said voltage ratio varies due to changes in the soil properties, an error occurs in the distortion measurement. In Application Example 2, the frequency is changed to various values and the resonant frequency is measured, so that even when said voltage ratio varies due to changes in the soil properties, there will still be no influence on the distortion measurement.

[0081]

Above, the examples of the devices and methods of Embodiments 1 and 2 and Application Examples 1 and 2 have been explained. However, the present invention is not limited to these schemes. Within the range with the effects to be described, appropriate modifications can be made to realize the objectives of the present invention.

[0082]

For example, in said examples, measurement of distortion at joints of iron pipelines buried in an underground foundation has been explained. However, it is also possible to measure variation in temperature. In this case, instead of strain gauge (13a), a conventional temperature sensor is used, or capacitive element (23c) having a temperature coefficient (such as a capacitive element having a dielectric sandwiched between first electrode (23a) and second electrode (23b)) may be used.

[0083]

Also, the type of isolated region for which the present invention can be used is not limited to underground foundations. The present invention can be adopted in various types of pipelines, etc., buried in various isolated regions, as described in the "Prior art" section.

[0084]

#### Effects of the invention

As explained above, according to the present invention, it is possible to easily measure prescribed physical states in a prescribed isolated region remotely without providing a conduit or protective case leading out the cable, as in the prior art, and without the need to provide and bury setting batteries to drive the sensor. Also, when a resistance element is used as the sensor, the error due to magnetic coupling between coils can be excluded. When a capacitive element is used, it is possible to effectively exclude error caused by variation in properties of the underground foundation, etc. As a result, it is possible to measure the physical state with high accuracy.

#### Brief description of the figures

Figure 1 illustrates the principle of the constitution of the invention in Embodiment 1. (a) is a plan view; (b) is a side view; and (c) is a front view.

Figure 2 is a diagram illustrating the equivalent circuit of the invention shown in Figure 1.

Figure 3 illustrates the configuration of the first coil and the fourth coil used in the invention shown in Figure 1. (a) is a diagram illustrating the case when the fourth coil is arranged symmetrically with respect to the central axis of the first coil. (b) is a diagram illustrating the case when the first coil is arranged symmetrically with respect to the central axis of the fourth coil.

Figure 4 is a diagram illustrating the equivalent circuit pertaining to Embodiment 2.

Figure 5 is an auxiliary diagram illustrating the operation of the invention shown in Figure 4.

Figure 6 is a diagram illustrating the constitution of the sensor signal transmission device in Application Example 1 of the present invention, corresponding to Embodiment 1.

Figure 7 is a cross section of the main portion of the sensor signal transmission device shown in Figure 6.

Figure 8 is a cross section illustrating the main portion of the sensor signal transmission device of Application Example 2 corresponding to Embodiment 2.

Figure 9 is a diagram illustrating the frequency characteristics of the input/output voltage ratio, for clarifying the sensor signal transmission method in Application Example 2.

#### Explanation of symbols

1	AC power source
2	First coil
2a, 2b	Terminal
3	Second coil
4	Third coil
5	Fourth coil
5a, 5b	Terminal
6	AC voltmeter
$\alpha, \alpha 1, \alpha 2$	Magnetic field generated by the first coil
$\beta$	Magnetic field generated by the third coil
R	Resistance
S1, S2	Plane of symmetry
10	Sensor signal transmission device (device example pertaining to Application Example 1)
11	First AC voltmeter
12	Second AC voltmeter
13	Sensor
13a	Strain gauge

- 14 Case
- 15 Ground surface
- 16 Underground foundation
- 17 First pipeline
- 17a Joint
- 18 Second pipeline
- 19 Mount
- 20 Sensor signal transmission device (device example pertaining to Application Example 2)
- 23a First electrode
- 23b Second electrode
- 23c Capacitive element
- 27 First pipeline
- 27a Joint
- 28 Second pipeline
- 29a First mount
- 29b Second mount

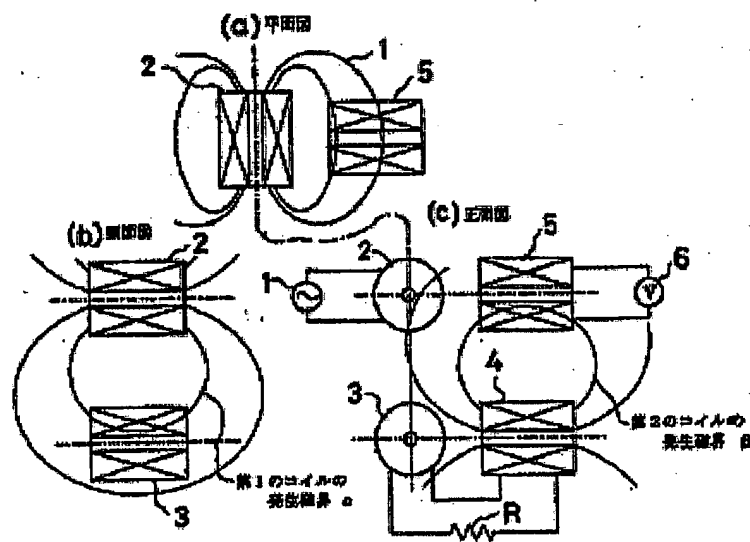


Figure 1

- Key: (a) Plan view  
 (b) Side view  
 (c) Front view  
 α Magnetic field generated by the first coil  
 β Magnetic field generated by the second coil

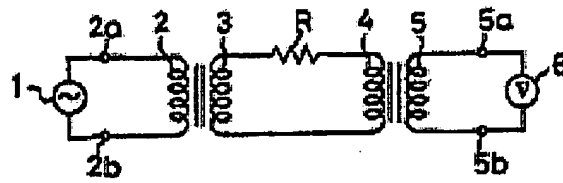


Figure 2

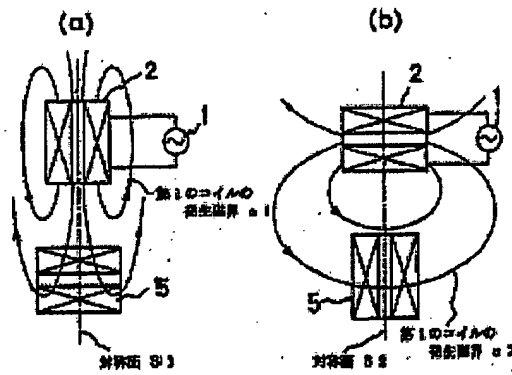


Figure 3

Key: S1, S1 Plane of symmetry  
 α1 Magnetic field generated by the first coil  
 α2 Magnetic field generated by the second coil

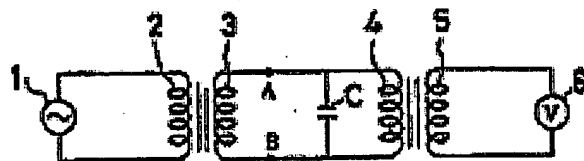


Figure 4

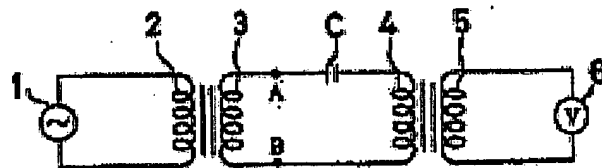


Figure 5

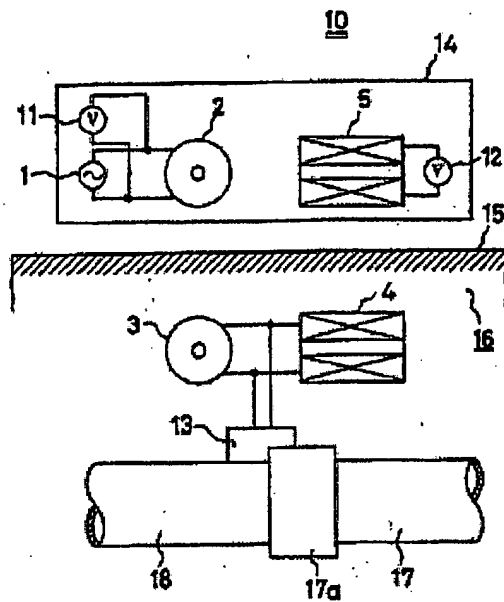


Figure 6

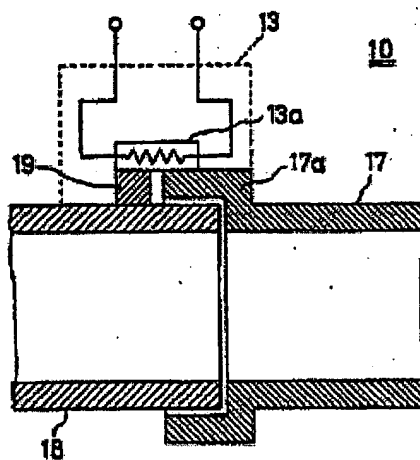


Figure 7

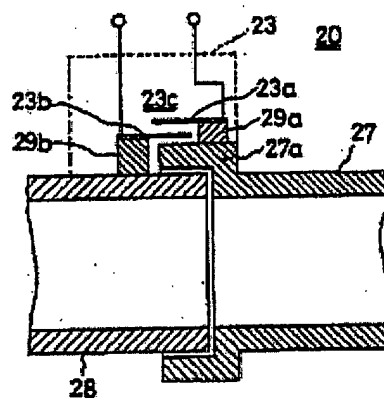


Figure 8

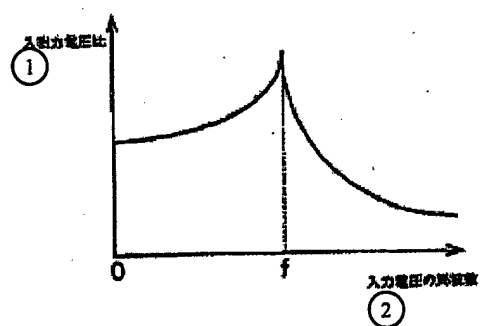


Figure 9

Key: 1 Input/output voltage ratio  
2 Frequency of input voltage

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-105861

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月24日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 8 C 19/00

G 0 8 C 19/00

R

G 0 1 N 27/02

G 0 1 N 27/02

Z

27/72

27/72

G 0 1 R 27/02

G 0 1 R 27/02

A

H 0 4 B 5/00

H 0 4 B 5/00

Z

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平8-253602

(22) 出願日

平成8年(1996) 9月25日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 高橋 和彦

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(72) 発明者 保坂 寛

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(72) 発明者 星谷 邦夫

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

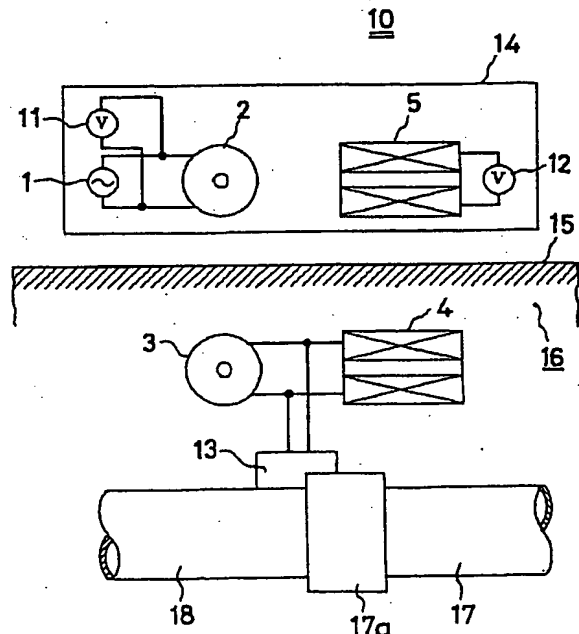
(74) 代理人 弁理士 菅 隆彦

(54) 【発明の名称】 センサ信号伝送方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 ケーブル引き出し用の導管や保護ケースを設置する必要や、センサ駆動用の電池を埋設する必要がなく、所定の隔絶領域内における所定の物理状態を簡便に遠隔計測することの可能なセンサ信号伝送方法及び装置を提供する。

【解決手段】 隔絶領域外に設備された交流電源1と、この交流電源1の起電力から交流磁界を発生する第1のコイル2と、この第1のコイル2から発生された交流磁界から誘導起電力を発生する第2のコイル3と、この第2のコイル3から発生された誘導起電力の印加に伴ってセンサ部13の出力側に生じる電力から再び交流磁界を発生する第3のコイル4と、この第3のコイル4から発生された交流磁界から再び誘導起電力を発生する第4のコイル5と、第1のコイル2から第4のコイル5への電氣的な伝達特性を測定する伝達特性測定手段とを有する。





## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の隔絶領域内に存在させた被測定物に生じる所定の物理状態の変化を、その被測定物の要所に設置した所定のセンサを用いて検出する際に、当該センサから得られるセンサ信号を隔絶領域外へ遠隔的に伝送するに当り、

所定の交流電源を用いて前記隔絶領域外において交流磁界を発生させ、

この交流磁界から前記隔絶領域内において誘導起電力を発生させて、これを前記センサの駆動電力とし、

この駆動電力の印加に伴って当該センサの出力側に生じる電力から再び交流磁界を発生させ、

この交流磁界から前記隔絶領域外において再び誘導起電力を発生させて、この誘導起電力の特質を前記被測定物における物理状態の変化の有無を判定するためのパラメータとして用いる、

ことを特徴とするセンサ信号伝送方法。

【請求項 2】 前記センサは、

所定のインピーダンス素子である、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のセンサ信号伝送方法。

【請求項 3】 前記インピーダンス素子は、

前記被測定物における物理状態の変化に応じて直流抵抗成分が変化する抵抗素子であって、

前記被測定物における物理状態の変化の有無の判定を、前記交流電源と前記パラメータをなす誘導起電力との電圧比に基づいて行う、

ことを特徴とする請求項 2 に記載のセンサ信号伝送方法。

【請求項 4】 前記抵抗素子は、

前記被測定物の歪みに応じて純抵抗成分が変化する、ことを特徴とする請求項 3 に記載のセンサ信号伝送方法。

【請求項 5】 前記抵抗素子は、

前記被測定物の温度の変化に応じて純抵抗成分が変化する、

ことを特徴とする請求項 3 に記載のセンサ信号伝送方法。

【請求項 6】 前記インピーダンス素子は、

前記被測定物における物理状態の変化に応じてキャパシタンス成分が変化する容量素子であるとともに、

前記交流電源は、

その周波数が可変のものであり、

前記被測定物における物理状態の変化の有無の判定を、前記交流電源と前記パラメータをなす誘導起電力との電圧比が最大値をとるときの前記交流電源の周波数に基づいて行う、

ことを特徴とする請求項 2 に記載のセンサ信号伝送方法。

【請求項 7】 前記容量素子は、

前記被測定物の歪みに応じて純抵抗成分が変化する、ことを特徴とする請求項 6 に記載のセンサ信号伝送方法。

【請求項 8】 前記容量素子は、

前記被測定物の温度の変化に応じて純抵抗成分が変化する、

ことを特徴とする請求項 6 に記載のセンサ信号伝送方法。

【請求項 9】 所定の隔絶領域内に存在させた被測定物に生じる所定の物理状態の変化を、その被測定物の要所に設置した所定のセンサを用いて検出する際に、当該センサから得られるセンサ信号を隔絶領域外へ遠隔的に伝送するためのセンサ信号伝送装置において、

前記隔絶領域外に設備された所定の交流電源と、

この交流電源に電氣的に接続され、その交流電源の起電力から交流磁界を発生する第 1 のコイルと、

この第 1 のコイルとの磁氣的結合が最も深い状態をなすように前記隔絶領域内に設備され、その第 1 のコイルから発生された交流磁界から誘導起電力を発生する第 2 のコイルと、

この第 2 のコイルに前記センサを介して電氣的に接続されると同時に、その第 2 のコイルとの磁氣的結合が最も浅い状態をなすように設備され、その第 2 のコイルから発生された誘導起電力の印加に伴って当該センサの出力側に生じる電力から再び交流磁界を発生する第 3 のコイルと、

この第 3 のコイルとの磁氣的結合が最も深い状態をなし、かつ、前記第 1 のコイルとの磁氣的結合が最も浅い状態をなすように前記隔絶領域外に設備され、前記第 3 のコイルから発生された交流磁界から再び誘導起電力を発生する第 4 のコイルと、

前記第 1 のコイルから前記第 4 のコイルへの電氣的な伝達特性を測定する伝達特性測定手段と、

を有してなる、

ことを特徴とするセンサ信号伝送装置。

【請求項 10】 前記第 1 のコイル、第 4 のコイル及び伝達特性測定手段は、単体のケースに収容されてなる、

ことを特徴とする請求項 9 に記載のセンサ信号伝送装置。

【請求項 11】 前記伝達特性測定手段は、

前記第 1 のコイルから引き出された端子に接続された第 1 の交流電圧計と、

前記第 4 のコイルから引き出された端子に接続された第 2 の交流電圧計と、

からなる、

ことを特徴とする請求項 9 又は 10 に記載のセンサ信号伝送装置。

【請求項 12】 前記第 1 乃至第 4 のコイルは、共にソレノイド状をなす、

ことを特徴とする請求項 9、10 又は 11 に記載のセン

サ信号伝送装置。

【請求項13】前記第1のコイルと前記第4のコイルとは、

双方の中心軸が同一平面上において直交するように配置されてなり、

前記第2のコイルと前記第3のコイルとは、

前記第1のコイルと前記第4のコイルとの配置の形態と同様に配置されてなる、

ことを特徴とする請求項12に記載のセンサ信号伝送装置。

【請求項14】前記第1のコイルは、

前記第4のコイルの中心軸に関し対称に配置されてなる、

ことを特徴とする請求項13に記載のセンサ信号伝送装置。

【請求項15】前記第4のコイルは、

前記第1のコイルの中心軸に関し対称に配置されてなる、

ことを特徴とする請求項13に記載のセンサ信号伝送装置。

【請求項16】前記センサは、

所定のインピーダンス素子からなる、

ことを特徴とする請求項9、10、11、12、13、14又は15に記載のセンサ信号伝送装置。

【請求項17】前記インピーダンス素子は、

前記被測定物における物理状態の変化に応じて直流抵抗成分が変化する抵抗素子からなる、

ことを特徴とする請求項16に記載のセンサ信号伝送装置。

【請求項18】前記抵抗素子は、

前記第2のコイルと第3のコイルとの間に直列に接続されてなる、

ことを特徴とする請求項17に記載のセンサ信号伝送装置。

【請求項19】前記抵抗素子は、

前記第2のコイルと第3のコイルとの間に並列に接続されてなる、

ことを特徴とする請求項17に記載のセンサ信号伝送装置。

【請求項20】前記抵抗素子は、

前記被測定物の歪みに応じて純抵抗成分が変化する素子からなる、

ことを特徴とする請求項17、18又は19に記載のセンサ信号伝送装置。

【請求項21】前記抵抗素子は、

前記被測定物の温度の変化に応じて純抵抗成分が変化する素子からなる、

ことを特徴とする請求項17、18又は19に記載のセンサ信号伝送装置。

【請求項22】前記インピーダンス素子は、

前記被測定物における物理状態の変化に応じてキャパシタンス成分が変化する容量素子からなる、

ことを特徴とする請求項16に記載のセンサ信号伝送装置。

【請求項23】前記容量素子は、

前記第2のコイルと第3のコイルとの間に直列に接続されてなる、

ことを特徴とする請求項22に記載のセンサ信号伝送装置。

10 【請求項24】前記容量素子は、

前記第2のコイルと第3のコイルとの間に並列に接続されてなる、

ことを特徴とする請求項22に記載のセンサ信号伝送装置。

【請求項25】前記容量素子は、

前記被測定物の歪みに応じて純抵抗成分が変化する素子からなる、

ことを特徴とする請求項22、23又は24に記載のセンサ信号伝送装置。

20 【請求項26】前記容量素子は、

前記被測定物の温度の変化に応じて純抵抗成分が変化する素子からなる、

ことを特徴とする請求項22、23又は24に記載のセンサ信号伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、センサ信号伝送方法及び装置に関し、詳しくは、地中又は構造物内埋設物或いは地下地盤（以下、これらを「隔絶領域内」と総称する）における歪みや温度（以下、これらを「物理状態」と総称する）を遠隔計測するためのセンサ信号伝送方法、及びその実施に直接使用するセンサ信号伝送装置に関する。

【0002】

【従来の技術】通常、電気配線、通信配線、その他の配線、或いは、ガス管、水道管、空調用パイプ、その他の配管（以下、これらを「配管等」と総称する）は、地中や、構造物の壁、床、天井などの内部に埋設されるため、地震や地盤沈下などによって地盤や構造物が変形すると、その埋設された配管等に歪みや振動が生じ、それが破壊に至る危険性がある。特に、前述の電気配線や通信配線など、通電に供される埋設ケーブルでは、地震による外部応力や水の進入などによって局部的に電気抵抗が増加し、その結果、電流集中が生じて発熱し火災を起こす危険性がある。

【0003】また、以上の配管等の他、トンネル壁面や崖などの補強斜面、防波堤、防潮堤などの土木建築物においても、地震による振動の他、土圧変動による応力集中によって崩壊する可能性がある。

50 【0004】このため、従前から、地中又は構造物内埋

設物或いは地下地盤における歪みや温度を計測するための手法が要望され、開発されるに至っているが、従来においては、(1) センサを被測定物に固定し、そのセンサの出力端子をケーブルで地上に引き出して所要のセンサ信号を得るか、又は、(2) その所要のセンサ信号を無線によって伝送する手法を採るのが一般的となっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、(1) のケーブルを用いる手法では、それを地上に導くための導管を設置する工事が必要となるだけでなく、ケーブルを引き出す箇所が道路の場合には、車両通過による破損に耐え、かつ、交通障害とならないような、重厚かつ小型の保護ケースを設置しなければならないという問題がある。

【0006】また、(2) の無線伝送による手法では、以上のような問題は生じないものの、センサ駆動用の電池の埋設が必須の条件となり、その寿命が制限となって長期使用を期待することができないという問題がある。

【0007】ここにおいて、本発明の解決すべき主要な目的は次のとおりである。即ち、本発明の第1の目的は、ケーブル引き出し用の導管や保護ケースを設置する必要がなく、所定の隔絶領域内における所定の物理状態を簡単に遠隔計測することの可能なセンサ信号伝送方法及び装置を提供することにある。

【0008】本発明の第2の目的は、センサ駆動用の電池を埋設する必要がなく、所定の隔絶領域内における所定の物理状態を簡単に遠隔計測することの可能なセンサ信号伝送方法及び装置を提供することにある。

【0009】本発明の他の目的は、明細書、図面、特に特許請求の範囲の各請求項の記載から自ずと明らかとなる。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題の解決にあたり、隔絶領域内に、所要のセンサの他、これに電気的に接続された2つのコイルを埋設しておき、そのうちの一方のコイルには、外部(隔絶領域外)に設置した他のコイルから与えられる磁界によって誘導起電力を発生させて、これを当該センサの駆動電力源とし、他方のコイルには、前記誘導起電力の印加に伴って当該センサの出力側に生じる電力から交流磁界を発生させて、これを隔絶領域外に設置した他のコイルに受信させるという特徴を有する。

【0011】さらに、具体的詳細に述べると、当該課題の解決では、本発明が次に列挙するそれぞれの新規な特徴的構成手法又は手段を採用することにより、前記目的を達成するように為される。

【0012】即ち、本発明方法の第1の特徴は、所定の隔絶領域内に存在させた被測定物に生じる所定の物理状態の変化を、その被測定物の要所に設置した所定のセン

サを用いて検出する際に、当該センサから得られるセンサ信号を隔絶領域外へ遠隔的に伝送するに当り、所定の交流電源を用いて隔絶領域外において交流磁界を発生させ、この交流磁界から隔絶領域内において誘導起電力を発生させて、これをセンサの駆動電力とし、この駆動電力の印加に伴って当該センサの出力側に生じる電力から再び交流磁界を発生させ、この交流磁界から隔絶領域外において再び誘導起電力を発生させて、この誘導起電力の特質を被測定物における物理状態の変化の有無を判定するためのパラメータとして用いてなるセンサ信号伝送方法の構成採用にある。

【0013】本発明方法の第2の特徴は、上記第1の特徴におけるセンサが、所定のインピーダンス素子であるセンサ信号伝送方法の構成採用にある。

【0014】本発明方法の第3の特徴は、上記第2の特徴におけるインピーダンス素子が、被測定物における物理状態の変化に応じて直流抵抗成分が変化する抵抗素子であって、被測定物における物理状態の変化の有無の判定を、交流電源とパラメータをなす誘導起電力との電圧比に基づいて行てなるセンサ信号伝送方法の構成採用にある。

【0015】本発明方法の第4の特徴は、上記第3の特徴における抵抗素子が、被測定物の歪みに応じて純抵抗成分が変化してなるセンサ信号伝送方法の構成採用にある。

【0016】本発明方法の第5の特徴は、上記第3の特徴における抵抗素子が、被測定物の温度の変化に応じて純抵抗成分が変化してなるセンサ信号伝送方法の構成採用にある。

【0017】本発明方法の第6の特徴は、上記第2の特徴におけるインピーダンス素子が、被測定物における物理状態の変化に応じてキャパシタンス成分が変化する容量素子であるとともに、交流電源が、その周波数が可変のものであり、被測定物における物理状態の変化の有無の判定を、交流電源とパラメータをなす誘導起電力との電圧比が最大値をとるときの交流電源の周波数に基づいて行てなるセンサ信号伝送方法の構成採用にある。

【0018】本発明方法の第7の特徴は、上記第6の特徴における容量素子が、被測定物の歪みに応じて純抵抗成分が変化してなるセンサ信号伝送方法の構成採用にある。

【0019】本発明方法の第8の特徴は、上記第6の特徴における容量素子が、被測定物の温度の変化に応じて純抵抗成分が変化してなるセンサ信号伝送方法の構成採用にある。

【0020】一方、本発明装置の第1の特徴は、所定の隔絶領域内に存在させた被測定物に生じる所定の物理状態の変化を、その被測定物の要所に設置した所定のセンサを用いて検出する際に、当該センサから得られるセンサ信号を隔絶領域外へ遠隔的に伝送するためのセンサ信

10

20

30

40

50

号伝送装置において、隔絶領域外に設備された所定の交流電源と、この交流電源に電気的に接続され、その交流電源の起電力から交流磁界を発生する第1のコイルと、この第1のコイルとの磁氣的結合が最も深い状態をなすように隔絶領域内に設備され、その第1のコイルから発生された交流磁界から誘導起電力を発生する第2のコイルと、この第2のコイルに前記センサを介して電気的に接続されると同時に、その第2のコイルとの磁氣的結合が最も浅い状態をなすように設備され、その第2のコイルから発生された誘導起電力の印加に伴って当該センサの出力側に生じる電力から再び交流磁界を発生する第3のコイルと、この第3のコイルとの磁氣的結合が最も深い状態をなし、かつ、第1のコイルとの磁氣的結合が最も浅い状態をなすように隔絶領域外に設備され、第3のコイルから発生された交流磁界から再び誘導起電力を発生する第4のコイルと、第1のコイルから第4のコイルへの電気的な伝達特性を測定する伝達特性測定手段と、を有してなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0021】本発明装置の第2の特徴は、上記第1の特徴における第1のコイル、第4のコイル及び伝達特性測定手段が、単体のケースに収容されてなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0022】本発明装置の第3の特徴は、上記第1又は第2の特徴における伝達特性測定手段が、第1のコイルから引き出された端子に接続された第1の交流電圧計と、第4のコイルから引き出された端子に接続された第2の交流電圧計と、からなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0023】本発明装置の第4の特徴は、上記第1、第2又は第3の特徴における第1乃至第4のコイルが、共にソレノイド状をなしてなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0024】本発明装置の第5の特徴は、上記第4の特徴における第1のコイルと第4のコイルとが、双方の中心軸が同一平面上において直交するように配置されてなり、第2のコイルと第3のコイルとが、第1のコイルと第4のコイルとの配置の形態と同様に配置されてなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0025】本発明装置の第6の特徴は、上記第5の特徴における第1のコイルが、第4のコイルの中心軸に関し対称に配置されてなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0026】本発明装置の第7の特徴は、上記第5の特徴における第4のコイルが、第1のコイルの中心軸に関し対称に配置されてなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0027】本発明装置の第8の特徴は、上記第1、第2、第3、第4、第5、第6又は第7の特徴におけるセンサが、所定のインピーダンス素子からなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0028】本発明装置の第9の特徴は、上記第8の特徴におけるインピーダンス素子が、被測定物における物理状態の変化に応じて直流抵抗成分が変化する抵抗素子からなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0029】本発明装置の第10の特徴は、上記第9の特徴における抵抗素子が、第2のコイルと第3のコイルとの間に直列に接続されてなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0030】本発明装置の第11の特徴は、上記第9の特徴における抵抗素子が、第2のコイルと第3のコイルとの間に並列に接続されてなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0031】本発明装置の第12の特徴は、上記第9、第10又は第11の特徴における抵抗素子が、被測定物の歪みに応じて純抵抗成分が変化する素子からなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0032】本発明装置の第13の特徴は、上記第9、第10又は第11の特徴における抵抗素子が、被測定物の温度の変化に応じて純抵抗成分が変化する素子からなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0033】本発明装置の第14の特徴は、上記第8の特徴におけるインピーダンス素子が、被測定物における物理状態の変化に応じてキャパシタンス成分が変化する容量素子からなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0034】本発明装置の第15の特徴は、上記第14の特徴における容量素子が、第2のコイルと第3のコイルとの間に直列に接続されてなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0035】本発明装置の第16の特徴は、上記第14の特徴における容量素子が、第2のコイルと第3のコイルとの間に並列に接続されてなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0036】本発明装置の第17の特徴は、上記第14、第15又は第16の特徴における容量素子が、被測定物の歪みに応じて純抵抗成分が変化する素子からなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0037】本発明装置の第18の特徴は、上記第14、第15又は第16の特徴における容量素子が、被測定物の温度の変化に応じて純抵抗成分が変化する素子からなるセンサ信号伝送装置の構成採用にある。

【0038】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しながら、本発明の実施の形態について説明する。

(第1形態例) 図1(a)乃至(c)は、第1形態例に係る発明の原理的構成図、図2は、図1に示す発明の等価回路図、図3(a)及び(b)は、図1に示す発明に用いられる第1のコイルと第4のコイルとの配置図である。

【0039】まず、図1に示すように、この第1形態例

に係る発明は、隔絶領域外に設備された交流電源1と、この交流電源1に電氣的に接続され、その交流電源1の起電力から交流磁界を発生するソレノイド状の第1のコイル2と、この第1のコイル2との磁氣的結合が最も深い状態をなすように隔絶領域内に設備され、その第1のコイル2から発生された交流磁界から誘導起電力を発生するソレノイド状の第2のコイル3と、この第2のコイル3に抵抗Rを直列に介して電氣的に接続されると同時に、その第2のコイル3との磁氣的結合が最も浅い状態をなすように設備され、その第2のコイル3から発生された誘導起電力の印加に伴って抵抗Rの出力側に生じる電力から再び交流磁界を発生するソレノイド状の第3のコイル4と、この第3のコイル4との磁氣的結合が最も深い状態をなし、かつ、第1のコイル2との磁氣的結合が最も浅い状態をなすように隔絶領域外に設備され、第3のコイル4から発生された交流磁界から再び誘導起電力を発生するソレノイド状の第4のコイル5と、第1のコイル2から第4のコイル5への電氣的な伝達特性を測定するための計器として、第4のコイル5の出力（引き出された端子）に接続された交流電圧計6（第2の交流電圧計、「伝達特性測定手段」の一部をなす）とを有して構成されている。

【0040】なお、図示の抵抗Rは、所定の隔絶領域内における所定の物理状態の変化を検出するためのセンサが、通常、所定のインピーダンス素子からなるため、そのセンサの電氣的機能を等価的に表現したものである。また、この抵抗Rは、第2のコイル3と第3のコイル4との間に、並列に接続しても差し支えない。

【0041】ここで、第1のコイル2と第4のコイル5とは、図示のように、双方の中心軸が同一平面上において直交するよう配置され、第2のコイル3と第3のコイル4とについても、図示のように、双方の中心軸が同一平面上において直交するよう配置される。

【0042】このため、第1のコイル2に交流電源1からの交流電圧（起電力）を与えると、そのときの発生磁界 $\alpha$ は、第3のコイル4の中心軸と第4のコイル5の中心軸とに対しては何れも直交することになるため、これらには結果的に誘導起電力を発生させず、磁氣的結合が最も深くなるよう（平行に）配置された第2のコイル3にのみ、誘導起電力を発生させる結果となる。

【0043】すると、この誘導起電力により、抵抗Rを通して第3のコイル4に電流が流れて、ここに新たな交流磁界が発生する。そして、このときの発生磁界 $\beta$ は、以上の原理と同様、第1のコイル2の中心軸と第2のコイル3の中心軸とに対しては何れも直交することになるため、これらには誘導起電力を発生させず、磁氣的結合が最も深くなるよう（平行に）配置された第4のコイル5にのみ、誘導起電力を発生させる。

【0044】即ち、各コイル間の磁氣的結合は、第1のコイル2と第2のコイル3との間、及び第3のコイル4

と第4のコイル5との間にのみ生じ、これら各コイル間は、それぞれトランスと見なすことができる。この結果、図1の構成は、図2の等価回路で表現することができる。

【0045】この等価回路で考えた場合、第1のコイル2の端子2a、2bに交流電源1からの交流電圧を印加すると、第2のコイル3、抵抗R、第3のコイル4を介して、第4のコイル5の端子5a、5bに交流電圧が誘導され、これが交流電圧計6によって検出されることになるが、このときの、第1のコイル2から第4のコイル5への電氣的な伝達特性は、必然的に、図2を構成する各素子の特性により決定される。従って、抵抗Rの値が温度の変化や歪みなどによって変化すれば自ずと伝達特性は変化し、この伝達特性の変化を測定することで、温度の変化や歪みなどを検出することができる。

【0046】ところで、図1の構成において、第1のコイル2と第4のコイル5とをあまり近づけすぎると、第1のコイル2の発生磁界の一部が、抵抗Rを経由せずに、直接、第4のコイル5に誘導起電力を発生させ、その抵抗Rの値の変化の検出感度を低下させてしまうことがある。

【0047】これは、一般に、この種の遠隔伝送（遠隔計測）の場合、第4のコイル5は、第2のコイル3及び第3のコイル4とは離れて配置されるものの、第1のコイル2には接近して配置されるため、その第4のコイル5が、第2のコイル3の発生磁界や第3のコイル4の発生磁界 $\beta$ よりも、第1のコイル2の発生磁界 $\alpha$ の影響を直接的に受けやすいことに起因する。

【0048】従って、図3(a)に示すように、第1のコイル2の発生磁界 $\alpha 1$ により、直接、第4のコイル5に起電力が誘導されないよう、第4のコイル5を、第1のコイル2の中心軸に関し対称に配置したり（対称面S1）、或いは、同図(b)に示すように、第1のコイル2の発生磁界 $\alpha 2$ により、直接、第4のコイル5に起電力が誘導されないよう、第1のコイル2を、第4のコイル5の中心軸に関し対称に配置したり（対称面S2）する工夫が必要である。

【0049】以上の配置の効用を説明すれば、まず、同図(a)の場合、第3のコイルの発生磁界 $\alpha 1$ は、第4のコイル5に関し、図の左半分では左向きの軸方向成分を、右半分では右左向きの軸方向成分をもつことになり、第4のコイル5の左半分と右半分とでは逆向きの誘導起電力が発生して、これらが相殺される結果、全体としての誘導起電力はゼロとなる。一方、同図(b)の場合、第3のコイルの発生磁界 $\alpha 2$ は、第4のコイル5の軸方向成分に関し、常に直角に交わることになって、その第4のコイル5に誘導起電力が発生することはない。

【0050】（第2形態例）図4は、第2形態例に係る発明の等価回路図であり、図5は、図4に示す発明の作用を説明するための補助図である。なお、このセンサ信

号伝送装置の原理的構成は、以上に説明した第1形態例におけるそれと同じであるので、図示は省略する。また、この第2形態例においては、以上の第1形態例を構成する要素と同一又は同等のものにつき、同一の符号を用いて説明するものとする。

【0051】まず、図4に示すように、この第2形態例に係る発明は、第1形態例で示した装置の抵抗Rの部分にコンデンサCに置き換え、さらに、このコンデンサCを、第2のコイル3と第3のコイル4との間に並列に接続したものである。本回路では、これを構成するコイルのインダクタンスと、コンデンサCのキャパシタンスとにより決定される共振周波数を有し、さらに、その共振周波数は、当該コンデンサCのキャパシタンスの平方根に反比例することが一般に知られている。従って、当該共振周波数を検出できれば、当該コンデンサCのキャパシタンスを知ることができ、さらに、所要の温度の変化や歪みなどを検出することができる。

【0052】ところで、この第2形態例に係る発明は、先の第1形態例に係る発明に比べ、以下に示す利点を有する。即ち、まず第1に、先の第1形態例に係る発明において、第1のコイル2及び第3のコイル4の発生磁界は、それぞれ、第2のコイル3及び第4のコイル5に違えるが、このときの交流磁界は、コイル間に存在する地盤や部材中などで減衰し、その減衰量は、当然、それら地盤等の状態により変化する。従って、第4のコイル5の発生電圧を測定しても、その大きさは、抵抗Rの値の大きさだけでなく、必然的に、地盤等の影響を含んだものとなる。

【0053】これに対し、この第2形態例に係る発明では、これも地盤等の影響による磁気減衰量が変化すれば、第4のコイル5の発生電圧が変化するものの、これは電圧レベルを全体的に上下させるだけであり、共振周波数については変化させない。従って、この第2形態例に係る発明によれば、第1形態例に係る発明よりも、地盤等の特性変化の影響を低減させることができると言える。

【0054】また、この第2形態例に係る発明では、コンデンサCが第2のコイル3と第3のコイル4との間に並列に接続されているため、例えば、図5に示すように、コンデンサCが当該箇所直列に接続されている場合に比べ、第3のコイル4の発生磁界を増大させることができる。

【0055】即ち、図4において、A、B間のインピーダンスは、第3のコイル4とコンデンサCとからなる並列共振回路の共振周波数において極大となり、第2のコイル3がこの共振周波数の電圧を発生すると、その第2のコイルには殆ど電流が流れなくなり、自身の内部抵抗による電圧降下が生じなくなり、この結果、A、B間には、第2のコイル3の発生電圧と同程度の電圧が加わる。

【0056】一方、図5では、共振周波数におけるA、B間のインピーダンスは極小となり、これに伴い第2のコイル3に大きな電流が流れて、当該内部抵抗による電圧降下が生じるようになり、この結果、A、B間に加わる電圧は、第2のコイル3の発生電圧よりも大幅に低下する。つまり、換言すれば、コンデンサCを第2のコイル3と第3のコイル4との間に並列に接続することにより、第1のコイル2に加える電圧を増加させることができる。

10 【0057】

【実施例】続いて、添付図面を参照しながら、本発明の実施例について説明する。

（第1実施例の装置例）図6は、第1形態例に対応する本発明の第1実施例に係るセンサ信号伝送装置の構成図、図7は、図6に示すセンサ信号伝送装置の要部断面図である。なお、この第1実施例の装置例では、地下地盤中に埋設された鉄製管路の接続部における歪みを、地上から非接触で測定する装置を例に挙げ説明する。

【0058】まず、図6に示すように、このセンサ信号伝送装置10は、第1形態例で説明した各要素とそれぞれ同等な、交流電源1、第1のコイル1、第2のコイル3、第3のコイル4、第4のコイル5、及び交流電圧計6を有して構成されており、さらに、第1のコイル2（交流電源1との接続点）から引き出された端子に接続された交流電圧計11を有して構成されている（以降の説明では、2つの交流電圧計6、11を区別するため、入力側に接続されたそれを第1の交流電圧計11とし、出力側に接続されたそれを第2の交流電圧計12（以降、符号「6」は用いない）と表記するものとする）。  
20  
30  
そして、第2のコイル3と第3のコイル4との間には、インピーダンス素子を含むセンサ部13が並列に接続されている。

【0059】ここで、第1の交流電圧計11及び第2の交流電圧計12は、伝達特性測定手段を構成し、この手段と、交流電源1、第1のコイル2、及び第4のコイル5は、単体のケース14に収容されて、自由に持ち運びができるようになっている。そして、このケース14は、その使用に際し、地表15に設置されるようになっている。

40 【0060】一方、第2のコイル3、及び第3のコイル4は、センサ部13と共に地下地盤16中に埋設されるようになっており、このうちのセンサ部13については、図の右方に位置する第1の管路17の継ぎ手17aの部分と、図の左方に位置する第2の管路18との間を跨ぐように、固着されるようになっている。

50 【0061】このセンサ部11の詳細については、図7に示すように、所定のインピーダンス素子として、被測定物の歪みに応じて順抵抗成分が変化する歪みゲージ13aが用いられており、その一端が、第1の管路17の継ぎ手17aの一部に、直接的に固着されるようになっ

ており、他端が、取付台19を間に介しつつ、第2の管路18の一部に固着されるようになっている。即ち、本センサ信号伝送装置10においては、第1の管路17と第2の管路18とが長手方向にずれた場合に、歪みゲージ13aが伸び縮みして、その抵抗値が変化するようになっている。

【0062】(第1実施例の方法例) 続いて、以上のよう構成されたセンサ信号伝送装置10により、実際に、第1の管路17と第2の管路18との間の歪みを測定する方法について説明する。

【0063】まず、本センサ信号伝送装置10の隔絶領域外装置をなすケース14を、センサ部13等の埋設の直後に、隔絶領域内の地下地盤16中にあるセンサ部13の上方領域に位置する地表15に設置し、第1の管路17と第2の管路18との間に歪みが生じていない状態で、第1のコイル2に一定周波数の交流電圧を加え、このときの入力電圧と出力電圧との比を、第1の交流電圧計11の指示値と第2の交流電圧計12の指示値とから計算する。

【0064】そして、地震等の後で、第1の管路17と第2の管路18との間に歪みが生じたと思われるときに、再び、第1のコイル2に以前と同一の周波数の交流電圧を加え、前述の入力電圧と出力電圧との比を測定する。このとき、今回測定した入出力電圧比が当初測定した値と異なっていれば、第1の管路17と第2の管路18との間に歪みが生じたものと判断できる。

【0065】つまり、このセンサ信号伝送方法では、一定周波数の交流電源1を用いて隔絶領域外において交流磁界を発生させ、この交流磁界から隔絶領域内において誘導起電力を発生させて、これを歪みゲージ13aの駆動電力とし、この駆動電力の印加に伴って当該歪みゲージ13aの出力側に生じる電力から再び交流磁界を発生させる。

【0066】この交流磁界から隔絶領域外において再び誘導起電力を発生させて、この誘導起電力の特質、即ち、出力電圧そのものを、第1の管路17と第2の管路18との間の歪みの有無を判定するためのパラメータとして用い、実際の歪みの有無の判定は、交流電源1による入力電圧とパラメータをなす出力電圧との比に基づいて行うわけである。

【0067】なお、第1のコイル2と第2のコイル3との間の磁気的結合、及び第3のコイル4と第4のコイル5との間の磁気的結合ができるだけ深くなるように、ケース14内の第1のコイル2については、地下地盤16中にある第2のコイル3の直上近傍に位置させ、ケース14内の第4のコイル5については、地下地盤16中にある第3のコイル4の直上近傍に位置させる必要がある。

【0068】しかし、この設置操作を確実に行うには、第2のコイル3及び第3のコイル4の地下地盤16中へ

の埋設を完了したときに、それらの位置と向きを示す目印を、スプレー塗料などで地表15に付けておくとい。そして、第2のコイル3及び第3のコイル4を、複数の管路の継ぎ目ごとセンサ部13と共に多数設置し、その一方で、本センサ信号伝送装置10の隔絶領域外装置をなすケース14を1つ用意すれば、これを各地点における測定に共用させることができる。

【0069】なお、以上の設置操作の他にも、簡略的な手法として、例えば、ケース14を実際に駆動しながら、その全体を水平方向へゆっくりと回転させて、第2の交流電圧計12が最も高い指示値となる点を見出し、これにより、第1のコイル2と第2のコイル3との間、及び第3のコイル4と第4のコイル5との間を概ね平行にして、磁気的結合を可及的に深くすることもできる。

【0070】(第2実施例の装置例) 図8は、第2形態例に対応する本発明の第2実施例に係るセンサ信号伝送装置の要部断面図である。なお、この第2実施例に係る装置例の全体構成は、第1実施例の装置例のそれと同等であり、このため、共通する部分に関する説明は省略するものとする。また、この第2実施例の装置例でも、地下地盤中に埋設された鉄製管路の接続部における歪みを、地上から非接触で測定する装置を例に挙げ説明する。

【0071】同図に示すように、このセンサ信号伝送装置20では、所定のインピーダンス素子として、対向する第1の電極23aと第2の電極23bとから構成され、被測定物の歪みに応じてキャパシタンス成分が変化するコンデンサ要素23cが用いられており、そのうちの第1の電極23aが、第1の取付台29aを間に介しつつ、第1の管路27の継ぎ手27aの一部に固着されるようになっている。

【0072】第2の電極23bについては、第2の取付台29bを間に介しつつ、第2の管路28の一部に固着されるようになっている。即ち、本センサ信号伝送装置20においては、第1の管路27と第2の管路28とが長手方向にずれた場合に、コンデンサ要素23cにおける第1の電極23aと第2の電極23bとの対向面積が変化して、そのキャパシタンスが変化するようになっている。

【0073】(第2実施例の方法例) 続いて、以上のよう構成されたセンサ信号伝送装置20により、実際に、第1の管路27と第2の管路28との間の歪みを測定する方法について説明する。図9は、第2実施例に係るセンサ信号伝送方法を説明するための入出力電圧比の周波数特性図である。

【0074】本センサ信号伝送装置20の第1のコイル2に交流電圧を加えた場合、その発生磁界が第2のコイル3に達して誘導起電力を発生させ、以下、前述した第1実施例と同様に、第3のコイル4、第4のコイル5へと、順次、エネルギーが伝達される。

【0075】以上の過程において、第3のコイル4に加わる電圧は、その第3のコイル4のインダクタンスとコンデンサ要素23cのキャパシタンスとで決定される共振周波数 $f$ で最大となり、そのときの第1のコイル2の発生電圧も最大となる。そこで、交流電源1の周波数を種々可変し、第1のコイル2と第4のコイル5との電圧比、即ち、入出力電圧比を、オシロスコープで測定してプロットしていくと、図9に示すような曲線が得られ、共振周波数 $f$ において、その入出力電圧比も最大になることが理解される。

【0076】以上の原理に基づき、本方法例では、まず、第1の実施例における方法例と同様、第1の管路27と第2の管路28との間に歪みが生じていない状態で、上述の共振周波数 $f$ を測定しておく。なお、コンデンサ要素23cのキャパシタンスと、第1の管路27と第2の管路28との間に歪み、即ち、ずれ量との関係は、事前に正確に測定されているものとする。

【0077】そして、地震等の後で、第1の管路27と第2の管路28との間に歪みが生じたと思われるときに共振周波数 $f$ を測定し、さらに、今回測定した共振周波数 $f$ と、当初測定した共振周波数 $f$ の比を求める。前述もしたように、周波数の比はコンデンサC（図4参照）のキャパシタンスの平方根に反比例することから、このことより、歪み後のコンデンサ要素23cのキャパシタンス、即ち、第1の管路27と第2の管路28との間のずれ量を知ることができる。

【0078】つまり、このセンサ信号伝送方法では、可変周波数の交流電源1を用いて隔絶領域外において交流磁界を発生させ、この交流磁界から隔絶領域内において誘導起電力を発生させて、これをコンデンサ要素23cの駆動電力とし、この駆動電力の印加に伴って当該コンデンサ要素23cの出力側に生じる電力から再び交流磁界を発生させる。

【0079】この交流磁界から隔絶領域外において再び誘導起電力を発生させて、この誘導起電力の特質、即ち、共振周波数 $f$ を、第1の管路27と第2の管路28との間の歪みの有無を判定するためのパラメータとして用い、実際の歪みの有無の判定は、交流電源1による入力電圧とパラメータをなす出力電圧との比が最大値をとるときの共振周波数 $f$ に基づいて行うわけである。

【0080】なお、前述の第1実施例では、一定周波数での入出力電圧比を測定しており、土質の変化により当該電圧比が変動すると、歪み測定に誤差が生じてしまうが、この第2実施例では、周波数を種々変化させて共振周波数を測定しているため、土質の変化により当該電圧比が変動しても、歪み測定には何ら影響しない。

【0081】以上、本発明につき、第1及び第2形態例、並びに第1及び第2実施例に係る装置例及び方法例につき説明したが、本発明は、必ずしも上述の手法にのみ限定されるものではなく、本発明にいう目的を達成

し、後述する効果を有する範囲内において、適宜、変更実施することが可能なものである。

【0082】例えば、実施例では、地下地盤中に埋設された鉄製管路の接続部における歪みを測定する場合を例に挙げて説明しているが、この他にも、同部分における温度の変化なども測定することができる。この場合、歪みゲージ13aに代えて通常の温度センサを用いたり、コンデンサ要素23cとして温度係数をもつもの（例えば、第1の電極23aと第2の電極23bとの間に誘電体を挟み込んだもの）を用いるようにすればよい。

【0083】また、適応すべき隔絶領域の種別等についても、地下地盤に限定されるものではなく、「従来の技術」の項目で示した種々の隔絶領域内に埋設され得る種々の配管等に関し、本発明は適用可能なものである。

【0084】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、従来のケーブル引き出し用の導管や保護ケースを設置する必要や、センサ駆動用の電池を埋設する必要がなく、所定の隔絶領域内における所定の物理状態を簡便に遠隔計測することが可能となる。しかも、センサとして抵抗素子を用いた場合には、コイル同士の磁氣的結合による誤差が排除され、これに対し容量素子を用いた場合には、地盤等の物性変化による誤差も効果的に排除され、この結果、高精度な物理状態測定が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1形態例に係る発明の原理的構成図であり、(a)は平面図、(b)は側面図、(c)は正面図である。

【図2】図1に示す発明の等価回路図である。

【図3】図1に示す発明に用いられる第1のコイルと第4のコイルとの配置図であり、(a)は、第1のコイルの中心軸に関し第4のコイルを対称に配置した場合を示す図、(b)は、第4のコイルの中心軸に関し第1のコイルを対称に配置した場合を示す図である。

【図4】第2形態例に係る発明の等価回路図である。

【図5】図5は、図4に示す発明の作用を説明するための補助図である。

【図6】第1形態例に対応する本発明の第1実施例に係るセンサ信号伝送装置の構成図である。

【図7】図6に示すセンサ信号伝送装置の要部断面図である。

【図8】第2形態例に対応する本発明の第2実施例に係るセンサ信号伝送装置の要部断面図である。

【図9】第2実施例に係るセンサ信号伝送方法を説明するための入出力電圧比の周波数特性図である。

【符号の説明】

- 1…交流電源
- 2…第1のコイル
- 2a、2b…端子
- 3…第2のコイル

10

20

30

40

50

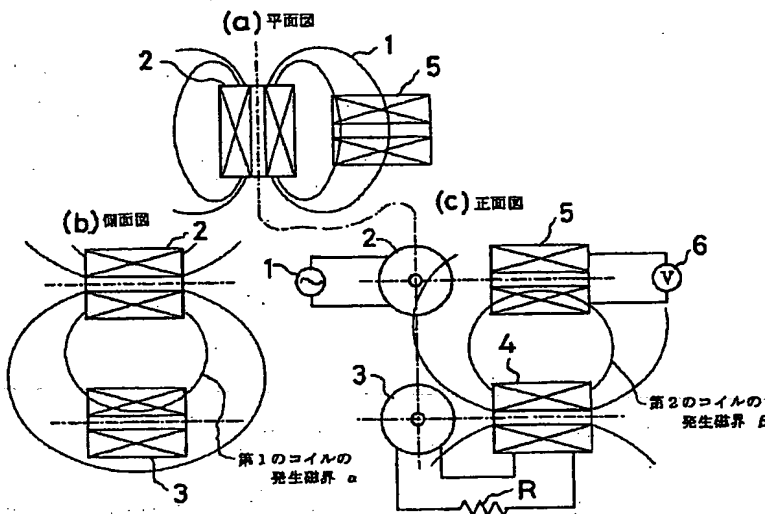


- 4…第3のコイル  
 5…第4のコイル  
 5a, 5b…端子  
 6…交流電圧計  
 $\alpha$ ,  $\alpha 1$ ,  $\alpha 2$ …第1のコイルの発生磁界  
 $\beta$ …第3のコイルの発生磁界  
 R…抵抗  
 S1, S2…対称面  
 10…センサ信号伝送装置(第1実施例に係る装置例)  
 11…第1の交流電圧計  
 12…第2の交流電圧計  
 13…センサ部  
 13a…歪みゲージ  
 14…ケース  
 15…地表

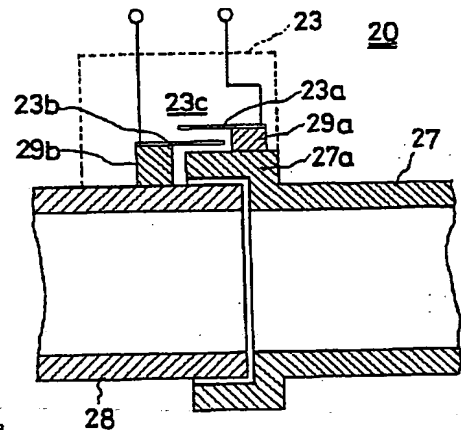
- \* 16…地下地盤  
 17…第1の管路  
 17a…継ぎ手  
 18…第2の管路  
 19…取付台  
 20…センサ信号伝送装置(第2実施例に係る装置例)  
 23a…第1の電極  
 23b…第2の電極  
 23c…コンデンサ要素  
 27…第1の管路  
 27a…継ぎ手  
 28…第2の管路  
 29a…第1の取付台  
 29b…第2の取付台

\*

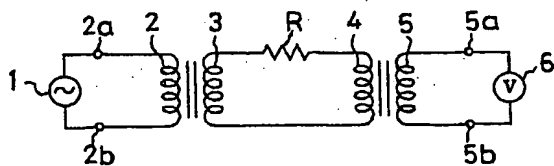
【図1】



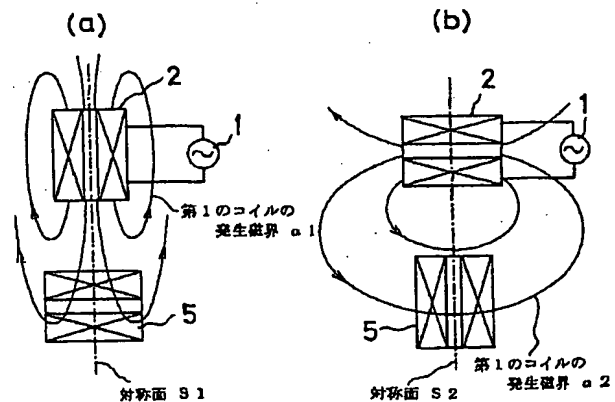
【図8】



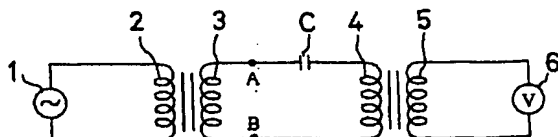
【図2】



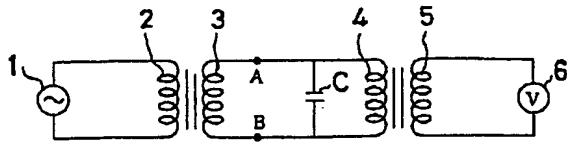
【図3】



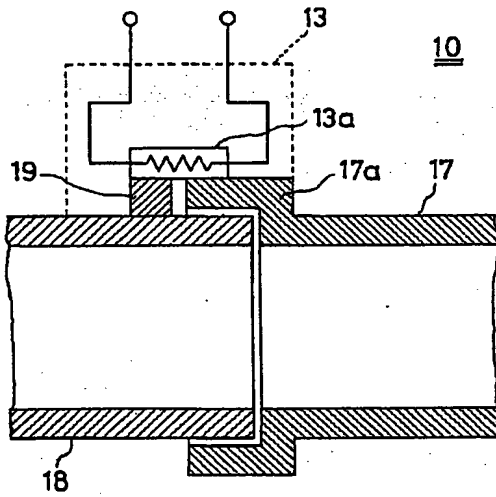
【図5】



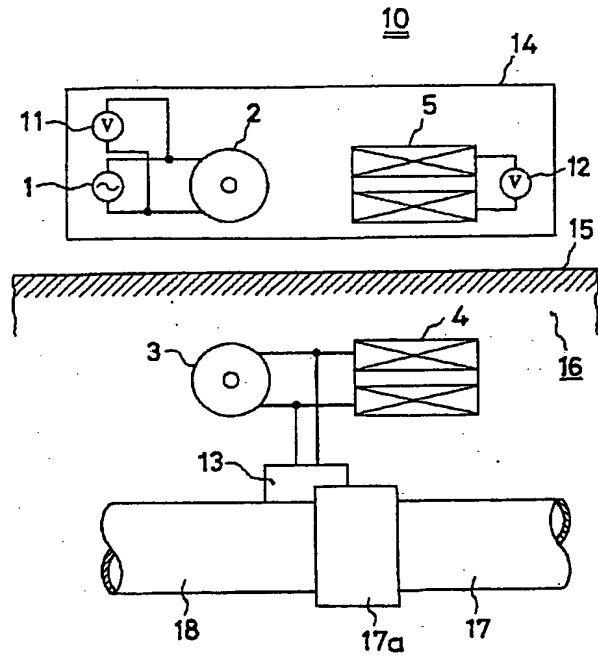
【図4】



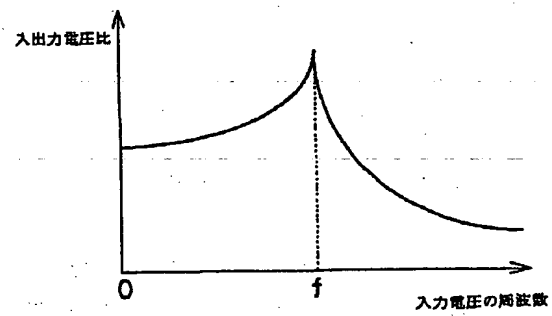
【図7】



【図6】



【図9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
// G 0 1 V 3/00

識別記号

F I  
G 0 1 V 3/00

B